المراجعة النهائية في مادة الفيزياء للصف الثاني عشر - الفصل الدراسي الثاني
الفصل السادس / التأثير الكهروضوئي

تكميم الطاقة

أولاً : تعريفات هامة

1- الجسم الأسود : الجسم الساخن الذي يمتص جميع الأشعة الساقطة عليه ولا يعكس منها شيئاً ثم يعيد انبعاثها جميعاً .

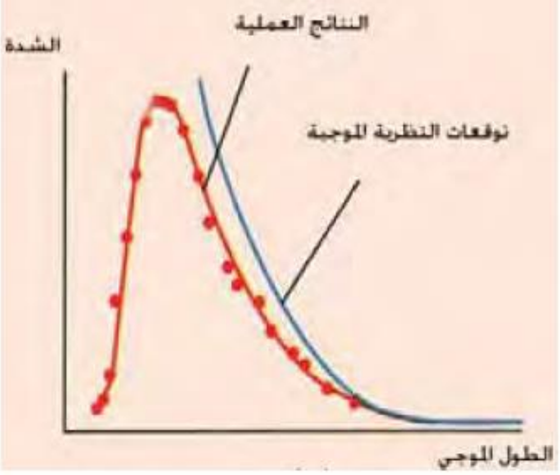
2- إشعاع الجسم الأسود : هي الإشعاعات الصادرة عن الأجسام الساخنة نتيجة امتصاصها الأشعة الساقطة عليها .

3- شدة الإشعاع (I) : هي متوسط معدل الطاقة المشعة لوحدة المساحات من الجسم .

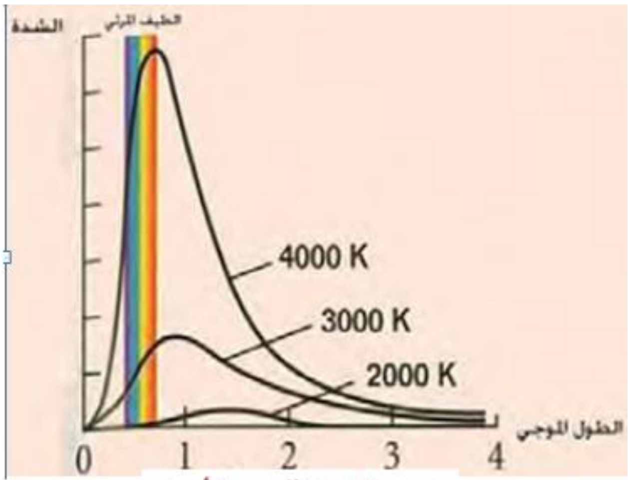
4- نظرية ماكسويل (النظرية الموجية للضوء) : الضوء عبارة عن موجات كهرومغناطيسية تنتج عن تذبذب ذرات الأجسام الساخنة .

5- نظرية الكم لبلانك (النظرية الجسيمية للضوء): افترض أن : الضوء عبارة عن كمات منفصلة من الطاقة (فوتونات) أشبه بالجسيمات ، تنشأ عن تذبذب ذرات أو جسيمات الجسم الساخن ، طاقة الفوتون تتناسب مع تردده ($E = h f$)

ثانياً رسومات هامة



مقارنة بين النتائج العملية و توقعات النظرية الموجية لمنحنى الإشعاع للجسم الأسود.



منحنى الإشعاع للجسم الأسود.

أسئلة مقالية هامة على منحنى اشعاع الجسم الأسود وتوقع النظرية الموجية

1 - ماذا تمثل المساحة تحت المنحنى ؟

ج : تمثل الطاقة الكلية لوحدة المساحات المنبعثة من الجسم الأسود

2- ما العلاقة بين درجة الحرارة المطلقة للجسم الساخن والطاقة الكلية المنبعثة ؟

ج2 : علاقة طردية (كلما ارتفعت درجة حرارة الجسم زادت الطاقة المنبعثة منه والعكس صحيح)

3- ماذا يحدث للطول الموجي المصاحب لأقصى شدة إشعاع (λmax) إذا ارتفعت درجة حرارة الجسم الأسود؟

ج : تزاح قمة المنحنىλmax نحو اليسار أي نحو الطول الموجي الأقصر (يقترب الإشعاع من منطقة الطيف المرئي)

4- ماذا يحدث للطول الموجي المصاحب لأقصى شدة إشعاع (λmax) إذا انخفضت درجة حراة الجسم ؟
ج4 : تزاح قمة المنحنى نحو اليمين أي الطول الموجي الأطول (يقترب الإشعاع من اللون الأحمر) .

5 – علل : يتغير لون الجسم الساخن من الأحمر إلى الأزرق بارتفاع درجة حرارته
ج5 : لأنه بارتفاع درجة حرارة الجسم يقل الطول الموجي للإشعاع المنبعث منه ($\lambda max\ \alpha \frac{1}{T}$) حيث أن اللون الأحمر طوله الموجي طويل ويقل الطول الموجي بالاتجاه نحو الأزرق .

6- علل : يستخدم المصور الضوء الأحمر في غرفة تحميض الأفلام
ج6: لأنه أقل الألوان طاقة

7 – علل : لم تستطع النظرية الموجية للضوء تفسير انخفاض شدة اشعاع الجسم الأسود واقترابه من الصفر بانخفاض طوله الموجي وزيادة تردده (الجزء الأيسر من منحنى الإشعاع للجسم الأسود)
لأنها اعتبرت أن الضوء موجات كهرومغناطيسية وبزيادة تردد ذرات الجسم المشع يزداد تردد الإشعاع المنبعث وتزداد شدته .

8 – ماذا كان توقع النظرية الموجية (ماكسويل) عن إشعاع الجسم الأسود ؟ و هل اتفق مع المشاهدات العملية ؟
توقعت أن : كلما قل الطول الموجي واقتربت قيمته من الصفر فإن شدة الإشعاع المنبعث تقترب من مالانهاية (أنظر الشكل أعلاه يسار)
هذا التوقع خالف المشاهدات العملية حيث لوحظ أن شدة الإشعاع المنبعث تقترب أيضا من الصفر كلما اقترب الطول الموجي من الصفر

9- ما تفسير بلانك لظاهرة إشعاع الجسم الأسود واقتراب شدة الإشعاع من الصفر كلما اقترب الطول الموجي من الصفر أيضاً (تفسير الجزء الأيسر من منحنى الإشعاع)
أن الضوء عبارة عن كمات من الطاقة تسمى فوتونات – طاقة كمة الضوء تتناسب طردياً مع تردد الضوء ($E \propto F$)
– بزيادة التردد (نقص الطول الموجي) تزداد طاقة الفوتون ويقل عدد الفوتونات فتقل شدة الإشعاع .

القوانين والعلاقات الرياضية

1- طاقة الفوتون (E) : $E = h f$ (بالجول)
2- الطاقة الكلية للإشعاع (لعدد n من الفوتونات) ⟸ $E = n h f$ (بالجول)
3- الطاقة بالإلكترون فولت = الطاقة بالجول مقسومة على (1.6×10^{-19})
الطاقة بالجول = الطاقة بالإلكترون فولت مضروبة في (1.6×10^{-19})
4- التردد والطول الموجي : $f = \frac{c}{\lambda}$) حيث c سرعة الضوء = $3\times10^{8} m/s$ في الفراغ أو الهواء ،

مسائل على تكميم الطاقة

1- فوتون ضوئي تردده $5.2\times10^{14}Hz$ احسب : أ- الطول الموجي للفوتون .
ب- طاقة الفوتون بالجول وبالإلكترون فولت .

الحل

أ- حساب الطول الموجي $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\times10^{8}}{5.2\times10^{14}} = 5.76\times10^{-7}$ m

ب- حساب الطاقة بالجول $E = h f = 6.62\times10^{-34}\times5.2\times10^{14} = 3.4\times10^{-19}$ j

الطاقة بالإلكترون فولت $= \frac{3.4\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 2.1$ ev

---

2- احسب الطاقة بوحدة الجول والإلكترون فولت لكل من :
أ – فوتون للضوء الأحمر طوله الموجي 550 nm .
ب- فوتون للأشعة السينية طولها الموجي $3A^{0}$

الحل

أ – الطاقة بالجول : $E = \frac{h\times c}{\lambda} = \frac{6.62\times10^{-34}}{550\times10^{-9}}\times3\times10^{8} = 3.6\times10^{-19}$ j

الطاقة بالإلكترون فولت : $= \frac{3.6\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 2.2$ ev

ب-الطاقة بالجول : $E = \frac{h\times c}{\lambda} = \frac{6.62\times10^{-34}}{3\times10^{-10}}\times3\times10^{8} = 6.62\times10^{-16}$ j

الطاقة بالإلكترون فولت : $= \frac{6.62\times10^{-16}}{1.6\times10^{-19}} = 4.1\times10^{3}$ ev

---

3- اللون الغالب لأشعة الشمس هو اللون الأصفر الذي تردده 6×10^{14} Hz فاحسب :
أ- الطول الموجي لهذا اللون بالميكرومتر
ب- طاقة هذا اللون بالجول مرة ، وبالإلكترون فولت مرة أخرى .

(الإجابة : $0.5\ \mu m$ ، 3.9×10^{-19} j ، 2.4 ev)

التأثير الكهروضوئي وتأثير كومبتون

تعريفات هامة

1- التأثير الكهروضوئي : هو ظاهرة انبعاث الإلكترونات من أسطح الفلزات عند سقوط ضوء مناسب عليها

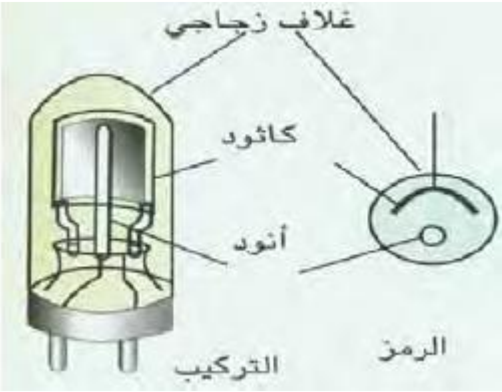
2- جهد الإيقاف (V_o) : أقل جهد يلزم لايقاف الإلكترونات ذات أقصى طاقة حركة من الوصول إلى المصعد .

3- دالة الشغل للمعدن (W_o): هي أقل طاقة لازمة لتحرير الإلكترون من سطح المعدن دون اكسابه طاقة حركة .

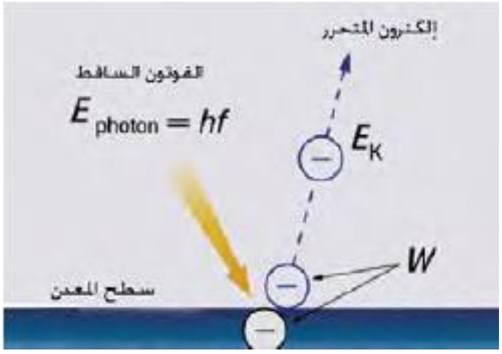
4- تردد العتبة (f_o) : هو أقل تردد للضوء الساقط على المعدن يحدث عنده انبعاث كهروضوئي .

5- تأثير كومبتون : ظاهرة انبعاث فوتونات للأشعة السينية ذات طاقة أقل عند قذف صفيحة معدنية بفوتونات للأشعة السينية ذات طاقة أعلى .

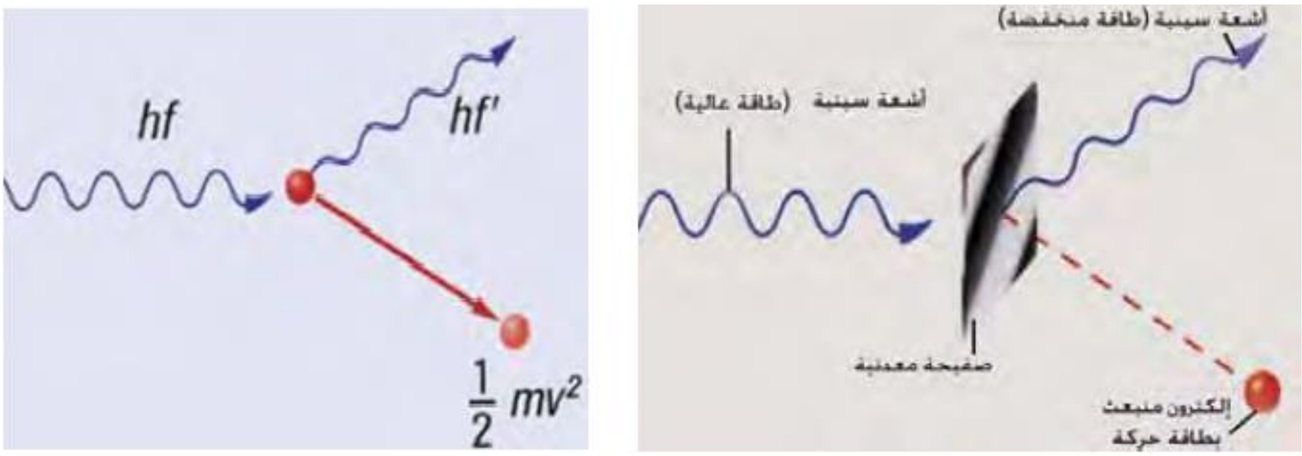
رسوم توضيحية



تركيب الخلية الكهروضوئية



ظاهرة التأثير الكهروضوئي



تأثير كومبتون

تعليلات هامة

1- الأنتفاخ الزجاجي للخلية الكهروضوئية مفرغ من الهواء .

حتى لا تعوق جزيئات الهواء حركة الإلكترونات الضوئية المنبعثة من الكاثود .

2- قد تسقط فوتونات ضوئية على معدنين مختلفين ويحدث انبعاث كهروضوئي من أحدهما ولا يحدث من الآخر.

المعدن الذي يحدث له انبعاث كهروضوئي تكون دالة الشغل له أقل طاقة الضوء الساقط بينما المعدن الآخر دالة الشغل له أكبر من طاقة الضوء الساقط .

3- فشل النظرية الموجية في تفسير ظاهرة التأثير الكهروضوئي .

لأنها رأت أن الانبعاث الكهروضوئي يتوقف على شدة الضوء الساقط وليس على التردد
وتوقعت أنه : أ- بزيادة شدة الضوء الساقط ⟸ يزداد عدد الإلكترونات الضوئية المنبعثة من سطح المعدن وكذلك طاقة الحركة العظمى للإلكترونات
إلا أن التجارب العملية أوضحت أن : زيادة شدة الضوء يزيد عدد الإلكترونات فقط بدليل زيادة شدة التيار الكهروضوئي (زيادة قراءة الأميتر)
ب- يتأخر انبعاث الإلكترونات إذا كانت شدة الضوء ضعيفة
إلا أن التجارب العملية أثبتت أنه : بمجرد سقوط ضوء مناسب (من حيث التردد) يحدث انبعاث كهروضوئي .

4- لا تتأثر طاقة الحركة العظمى للإلكترونات الضوئية بزيادة شدة الضوء .

لأن زيادة شدة الضوء يعني زيادة عدد الفوتونات الضوئية الساقطة على المعدن فيزداد عدد الإلكترونات المنبعثة أي تزداد شدة التيار بينما طاقة الفوتون ثابتة فلا تتأثر طاقة الإلكترون

5- لم تستطع النظرية الموجية تفسير تأثير كومبتون .

لأنها تفترض أن الطول الموجي للموجات المنبعثة يساوي الطول الموجي للموجات الساقطة فلا يحدث فقد في طاقة الموجات باعتبار أنه ليس لها كتلة .

6- تقل كمية تحرك الفوتون المنبعث في تأثير كومبتون عن كمية تحرك الفوتون الساقط .

لأن جزء من كتلة الفوتون يتحول إلى طاقة (وليس بسبب نقص السرعة أو زيادة الطول الموجي)

7- يتوقف جهد الإيقاف على تردد الضوء الساقط وليس على شدته .

لأن تغير شدة الضوء يؤدي إلى تغير عدد الفوتونات في الشعاع الضوئي فتتغير عدد الإلكترونات المتحررة دون أن تتغير طاقة حركة الالكترون أي لايتغير جهد الإيقاف ($KE_{max} = eV_o$)

8- يغطى السطح الداخلي لكاثود الخلية الكهروضوئية بطبقة رقيقة من السيزيوم .

لأن دالة الشغل للسيزيوم صغيرة فيسهل تحرير الإلكترونات منه

9- لم تستطع النظرية الموجية تفسير حدوث الإنبعاث الكهروضوئي بمجرد سقوط الضوء على المعدن

لأن النظرية الموجية تفترض أن الإنبعاث الكهروضوئي يتوقف على شدة الضوء الساقط وعندما يكون الضوء ضعيف فغن السطح يحتاج فترة لتجميع الشدة المناسبة لتحرير الإلكترونات .

10- اختلاف سرعة الإلكترونات المنبعثة من سطح الخلية الكهروضوئية عند سقوط ضوء الشمس عليها

لأن ضوء الشمس يحتوي على ترددات مختلفة فتنبعث الإلكترونات بطاقات حركة وسرعات مختلفة

أهم القوانين والعلاقات الرياضية

$$hf = KE_{max} + W_o$$

h f طاقة الضوء الساقط ، KE_{max} طاقة الحركة العظمى للإلكترون ، W_0 دالة الشغل للمعدن

$$KE_{max} = eV_o = \frac{1}{2}mv^2 = hf - W_0$$

e شحنة الإلكترون ، V_O جهد الإيقاف ، m كتلة الإلكترون ، v سرعة الإلكترون

$$W_o = hf_o$$

h ثابت بلانك = 6.62×10^{-34} js ، f_0 تردد العتبة (ويختلف من معدن لآخر)

تطبيق قانون حفظ الطاقة على التصادم المرن بين الأشعة السينية والإلكترون

$$E_{x\text{-}ray_i} = E_{x\text{-}ray_f} + E_{electron}$$

$$hf_i = hf_f + \frac{1}{2}mv^2$$

حيث:

$E_{x\text{-}ray_i}$ الطاقة الابتدائية لفوتون الأشعة السينية الساقط (قبل التصادم).

$E_{x\text{-}ray_f}$ الطاقة النهائية لفوتون الأشعة السينية المنبعث (بعد التصادم).

f_i تردد الفوتون الساقط للأشعة السينية.

f_f تردد الفوتون المنبعث للأشعة السينية بعد التصادم.

$\frac{1}{2}mv^2$ طاقة حركة الإلكترون المنبعث بعد التصادم .

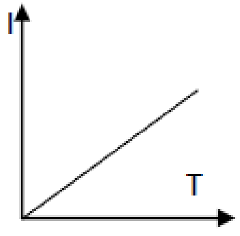
كمية التحرك $\vec{p}$ أيضاً محفوظة في التصادم المرن بين الأشعة السينية والإلكترون

$$\vec{P}_{x\text{-}ray_i} = \vec{P}_{x\text{-}ray_f} + \vec{P}_{electron}$$

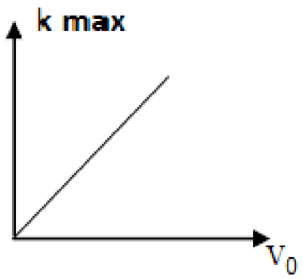
علاقة أينشتين (تكافؤ الكتلة والطاقة) : $E = m c^2$

كمية تحرك الفوتون (p) : $p = \frac{h}{\lambda} = \frac{E}{C} = mc$ kg.m/s

رسومات بيانية ومدلولاتها

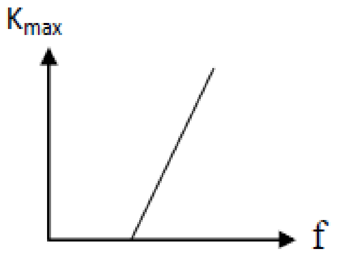


تغير شدة التيار الكهروضوئي (I) مع شدة الإضاءة (T)



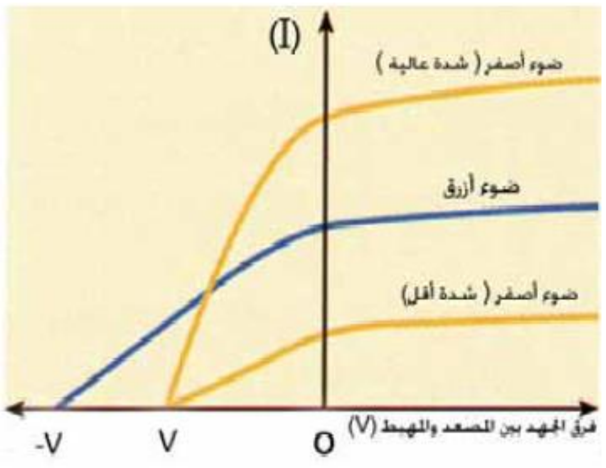
تغير طاقة الحركة العظمى للإلكترون وجهد الإيقاف

ميل الخط المستقيم = شحنة الإلكترون



تغير طاقة الحركة العظمى للإلكترون وتردد الضوء

- ميل المستقيم = ثابت بلانك h
- الجزء المقطوع من المحور الأفقي = تردد العتبة f_0
- الجزء المقطوع من المحور الرأسي = دالة الشغل W_0 للمعدن



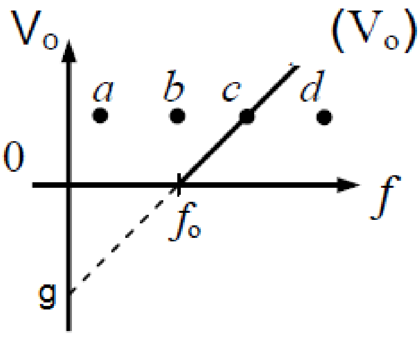
العلاقة بين شدة التيار و فرق الجهد بين المصعد و المهبط في الخلية الكهروضوئية

الشكل المجاور : علاقة بين شدة التيار وفرق الجهد بين المصعد والمهبط في خلية كهروضوئية .

ومنه : 1- شدة التيار تزداد بزيادة شدة الإضاءة لنفس الضوء (عند ثبوت التردد)

2- جهد الإيقاف يعتمد على تردد الضوء الساقط (طردي)

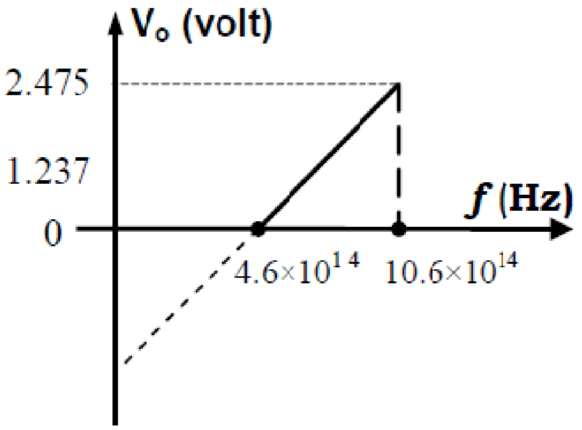
الشكل المقابل يمثل العلاقة بين جهد الإيقاف (V_o) وتردد ضوء الساقط على فلز ما



من الشكل أعلاه : ميل المستقيم = $\frac{h}{e}$ ، النقطة g تمثل ($\frac{W0}{e}$) ، f_0 تردد العتبة ، النقطة التي تتحرر عندها الإلكترونات : النقطة (C)

مسائل رسم بياني

- الشكل المقابل يوضح العلاقة بين جهد الإيقاف وتردد الضوء الساقط على كاثود الخلية الكهروضوئية ، أدرس الشكل ثم أجب :



أ) احسب أقل طاقة للفوتون الضوئي التي تسمح بتحرر الإلكترون من سطح الكاثود .

ب) احسب ميل المنحنى الموضح بالشكل .

ج) ما تأثير زيادة شدة الضوء الساقط على كاثود الخلية الكهروضوئية ؟ **(علل إجابتك)** .

الحل أ- أقل طاقة (تعني دالة الشغل) (W_0) ، من الرسم البياني $f_0 = 4.6\times10^{14}$ Hz

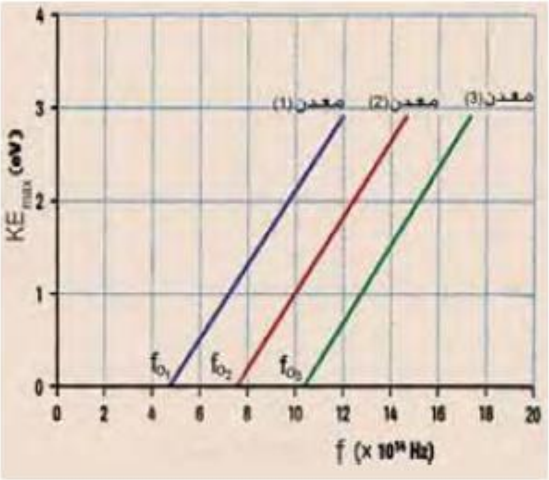
$W_0 = hf_0 = 6.62\times10^{-34}\times4.6\times10^{14} = 3.045\times10^{-19}$ j

ب) ميل المنحنى $= \frac{2.475}{(10.6-4.6)\times10^{14}} = 4.125\times10^{-15}$ (ويساوي $\frac{h}{e}$)

ج) زيادة شدة الضوء الساقط يزيد من عدد الإلكترونات الكهروضوئية المنبعثة من كاثود الخلية الكهروضوئية

لأن زيادة شدة الضوء يصاحبه زيادة في عدد الفوتونات وبما أن كل فوتون مسئول عن تحرير إلكترون فيزداد عدد الإلكترونات (وهذا يعني زيادة شدة التيار الكهروضوئي)

2- في الشكل المقابل ادرسه جيدا ثم أجب عما يلي :



أ-علل : بالرغم من أن تردد العتبة يختلف من معدن لآخر ، إلا أن جميع العلاقات البيانية ميلها متساو

ب- إذا سقط فوتون طوله الموجي 500nm فأي المعادن سيحدث لها تأثير كهروضوئي (اعط تبرير رياضي لإجابتك)

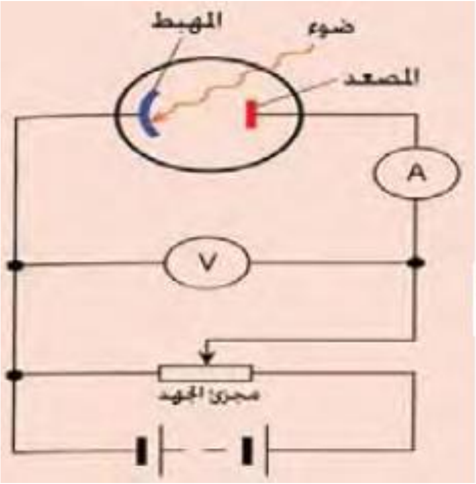
الحل ـــــــــــــــــــ أ) لأن ميل المنحنى يساوي ثابت بلانك وهو مقدار ثابت لا يتوقف على نوع المعدن

ب) الفكرة : نحسب تردد الضوء الساقط ونقارنه بتردد العتبة (f_o) لكل معدن

تردد الضوء الساقط = $f = \frac{C}{\lambda} = \frac{3\times10^{8}}{500\times10^{-9}} = 6\times10^{14}Hz$ وهو أقل من تردد العتبة للمعدن الثاني والثالث فلا يحدث لهما انبعاث كهروضوئي ، وأكبر من تردد العتبة للمعدن الأول فيحدث له انبعاث كهروضوئي

أسئلة مقالية

1- الرسم المقابل : يوضح الدائرة الكهربية لخلية كهروضوئية



ماالتغير الذي يحدث لقراءتي الأميتر والفولتميتر عند

أ- زيادة شدة الضوء الساقط تدريجياً مع ثبات الجهد

ب- زيادة جهد البطارية تدريجياً مع ثبات شدة الضوء

ج- عكس قطبي البطارية وزيادة الجهد العكسي تدريجيا

الحل :

أ- تزداد قراءة الأميتر مع ثبات قراءة الفولتميتر

ب- تزداد قراءة الأميتر حتى تصل إلى قيمة معينة تثبت عندها قراءة الأميتر

ج- تقل قراءة الأميتر حتى تصل إلى الصفر عند قيمة معينة للجهد تسمى جهد الإيقاف

2- كيف فسرت نظرية الفوتون لأينشتين ظاهرة التأثير الكهروضوئي ؟

التفسير :

أ- الضوء أحادي اللون جميع فوتوناته متساوية في الطاقة .

ب- كل فوتون يصطدم بإلكترون واحد .

ج- الزيادة في شدة الضوء الساقط تعني زيادة عدد فوتوناته أي أنها تؤدي إلى زيادة عدد الالكترونات الضوئية فقط وليس طاقة حركتها (طاقة الفوتون لا تتغير بتغير شدة الضوء لأنها تعتمد على تردده).

د- الإنبعاث الكهروضوئي يتوقف على تردد الضوء الساقط ، فلا يحدث انبعاث إذا كان التردد غير مناسب مهما زادت شدته .

وبناءً على هذا :

1- إذا كان تردد الضوء الساقط (f) *أقل من* تردد العتبة (f_o) وطاقته(hf) *أقل من* دالة الشغل (W_o)
⟸ لا يحدث انبعاث كهروضوئي

2- إذا كان تردد الضوء الساقط(f) *يساوي* تردد العتبة (f_o) وطاقته (hf) *تساوي* دالة الشغل (W_o)
⟸ تتحرر الإلكترونات من السطح دون أن تكتسب طاقة حركة ($hf = W_o = hf_0$)

3- إذا كان تردد الضوء الساقط (f) *أكبر من* تردد العتبة (f_0) وطاقته (hf) *أكبر من* دالة الشغل (W_0)
⟸ جزء من طاقة الفوتون يحرر الإلكترون والجزء الباقي يكتسبه الإلكترون في صورة طاقة حركة

أي أن : $$hf = KE_{max} + W_o$$

3- كيف فسر كومبتون ظاهرة تأثير كومبتون ؟

أن الفوتونات تسلك سلوك الجسيمات وتصطدم بالإلكترونات تصادماً مرناً ، ينتقل جزء من طاقة الفوتون الساقط وكمية تحركه إلى الإلكترون .

4- ماالفرق بين الفوتون الساقط والفوتون المنبعث في تأثير كومبتون .

الفوتون المنبعث : أقل طاقة ، أقل تردد و أطول طول موجي من الفوتون الساقط . إلا أنهما لهما نفس السرعة .

5- (للضوء طبيعة مزدوجة) مامعنى هذه العبارة ؟

تعني أن : للضوء طبيعة موجية لأنه يمتلك طاقة وتتضح فيه الخواص الموجية كالإنعكاس والإنكسار ... وغيرها ، كما أن للضوء طبيعة جسيمية حيث أنه يمتلك كمية تحرك

6- ((تعتبر ظاهرة كومبتون مثالاً جيداً للطبيعة الجسيمية للموجات)) وضح هذه العبارة

لأن الفوتون الضوئي يصطدم مع الإلكترون تصادماً مرناً ويحقق قانونا حفظ كمية التحرك وحفظ الطاقة .

7- مامعنى قولنا أن : دالة الشغل لمعدن الصوديوم = 2.28 eV

أي أن : أقل طاقة لازمة للضوء الساقط لتحرير الإلكترونات من سطح الصوديوم دون إكسابها طاقة حركة تساوي j

$2.28\ eV = 2.28 \times 1.6 \times 10^{-19}$

مسائل متنوعة

1- احسب دالة الشغل لمعدن البوتاسيوم بوحدة الإلكترون فولت إذا كان الطول الموجي الحرج 685nm

الحل

$W_o = hf_o$

$$= \frac{hc}{\lambda 0} = \frac{6.62\times10^{-34}\times3\times10^{8}}{685\times10^{-9}} = 2.896\times10^{-19}\ \text{j} = \frac{2.896\times10^{-19}}{1.6\times10^{-19}} = 1.81\ \text{eV}$$

2- اذا كانت دالة الشغل لفلز الصوديوم 2.28 eV فاحسب :

أ) تردد العتبة
ب) طول موجة تردد العتبة
ج) طاقة الحركة العظمى للإلكترون اذا كان تردد الأشعة الساقطة 7.7×10^{14} هرتز
د) جهد الإيقاف

الحل

أ) $W_o = hf_o$ $\quad f_o = \frac{w0}{h} = \frac{2.28\times1.6\times10^{-19}}{6.62\times10^{-34}} = 5.5\times10^{14}\ \text{Hz}$

ب) $\lambda 0 = \frac{C}{f0} = \frac{3\times10^{8}}{5.5\times10^{14}} = 5.45\times10^{-7}\ \text{m} = 545\ \text{nm}$

ج) $KE_{max} = hf - W_0 = (6.62\times10^{-34}\times7.7\times10^{14}) - (2.28\times1.6\times10^{-19})$

$= 1.4\times10^{-19}\ \text{j} = 0.87\ \text{e V}$

د) $KE_{max} = eV_o \qquad 1.4\times10^{-19} = 1.6\times10^{-19}\ V_0 \qquad V_0 = 0.87\ \text{v}$

3- إذا سقطت فوتونات طولها الموجي 65nm على سطح بلاتين فاحسب الجهد اللازم لإيقاف أسرع الإلكترونات الضوئية المنبعثة علماً بأن دالة الشغل للبلاتين 6.3 ev

الحل

$K.E_{max} = eV_0 = hf - W_0 \quad , \quad F = \frac{C}{\lambda} = \frac{3\times10^{8}}{200\times10^{-9}} = 46\times10^{14}\ \text{H z}$

$1.6\times10^{-19}\ V_0 = (6.62\times10^{-34}\times15\times10^{14}) - (6.3\times1.6\times10^{-19})$

$= 20.5\times10^{-19} \Longrightarrow V_0 = 12.8\ \text{ev}$

4- إذا استخدم أحد فوتونات الإشعاع الصادرعن الجسم الأسود لتحرير إلكترون من سطح فلز دالة الشغل له تساوي (1.24 eV) دون إكسابه طاقة حركة، احسب كمية تحرك الفوتون المستخدم.

$$E = W_0$$

$$\frac{hc}{\lambda} = 1.24 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1.984\times10^{-19}}{6.63\times10^{-34}\times3\times10^{8}} \Rightarrow \lambda = 1.003 \times 10^{-6} m$$

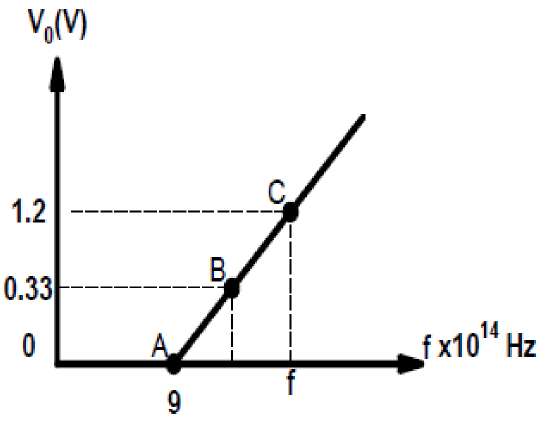
$$P = \frac{h}{\lambda} = \frac{6.63\times10^{-34}}{1.003\times10^{-6}} \Rightarrow P = 6.61 \times 10^{-28} N.s$$

5- إذا كانت كمية التحرك لفوتون الأشعة الساقطة على مهبط الخلية الكهروضوئية = $(1.02 \times 10^{-27}$ N.m$)$، حسب تردد فوتون الأشعة الساقطة.

الإجابة : (4.6×10^{14} Hz)

الحل متروك للطالب

6- حصل أسعد على نتائج تجربة عملية قام بها لإيجاد العلاقة بين تردد الإشعاع الساقط على كاثود الخلية الكهروضوئية (f) وجهد الإيقاف(V_0) ومثل ذلك بيانياً كما في الشكل المقابل:



١- ماذا تمثل النقطة (A)؟

٢- أحسب دالة الشغل للفلز؟

٣- أوجد تردد الإشعاع الكهرومغناطيسي (f) الذي يقابل جهد الإيقاف (1.2 V)؟

الإجابة

1- النقطة A تعني ان $9x10^{14}$ هو اقل تردد يعمل على تحرير الالكترونات من سطح الفلز دون ان يكسبها طاقة حركة ويسمى تردد العتبة f_o

2-

$$W_0 = hf = 6,63x10^{-34} \times 9x10^{-19}$$
$$= 6x10^{-19}\ J$$

3-

$$KE=Ve = 1.2\times1.6\times10^{-19} = 1.92\times10^{-19}\ J$$
$$E = KE + W_O$$
$$= 1.92\times10^{-19} + 6\times10^{-19} = 7.92\times10^{-19}\ J$$
$$\therefore f = 1.2\times10^{15}\ Hz$$

7- اذا كانت طاقة فوتون الأشعة السينية الساقطة على سطح معدن تساوي 1.28×10^{-19} j وطاقة فوتون الأشعة السينية المنبعثة من السطح تساوي 1×10^{-19} j احسب الطول الموجي المصاحب للإلكترون المنبعث .

الحل

$$Hf_i = hf_f + \frac{1}{2}mv^2$$
$$1.28\times10^{-19} = 1\times10^{-19} + \frac{1}{2}\times 9.1\times10^{-31}V^2$$
$$V = 248.07\times10^3\ m/s$$
$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.62\times10^{-34}}{9.1\times10^{-31}\times248.07\times10^3} = 2.9\times10^{-9}\ m$$

---

8 – أوجد الطول الموجي لفوتون طاقته 600 eV (الإجابة 2.06nm)

9- سقط ضوء طوله الموجي 400nm على سطح معدن الطول الموجي الحرج له 600nm ، احسب السرعة التي تنبعث بها أسرع الإلكترونات

($6,02\times10^5$ m/s)

خطوات الحل : (متروكة للطالب)